

Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano

Quality of minimally processed garlic (*Allium sativum*) coated with antimicrobial edible coating

Diego Alvarenga BOTREL¹, Nilda de Fátima Ferreira SOARES^{1*}, Robson Maia GERALDINE², Rodrigo Magela PEREIRA¹, Edimar Aparecida Filomeno FONTES³

Resumo

Alho minimamente processado apresenta uma curta vida de prateleira devido, principalmente, a crescimento de fungos. A retirada da casca que protege o produto das influências externas é um dos fatores que contribui para a deterioração do produto. Neste estudo, foram avaliados os efeitos de revestimentos comestíveis antimicrobianos a base de amido de mandioca, quitosana e glicerol no recobrimento de alho minimamente processado. O produto final foi submetido a avaliações de perda de peso, alterações na cor e contagem de psicotróficos e bolores e leveduras. Os resultados mostraram não haver diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para perda de massa e saturação e tonalidade da cor. O uso do revestimento antimicrobiano com quitosana nos bulbos mostrou que, em até 15 dias de estocagem a 10 °C, a contagem de fungos não ultrapassou 10⁵ UFC.g⁻¹. Dentro do conceito da tecnologia de barreiras de proteção, o uso dos revestimentos antimicrobianos é uma tecnologia de grande potencialidade para aumentar a segurança do alho minimamente processado e prolongar sua vida útil.

Palavras-chave: embalagem ativa; revestimento antimicrobiano; quitosana.

Abstract

Minimally processed bulb garlic has a short shelf-life, mainly due to fungi growth. Peeling away the outer layers of the garlic makes it more susceptible to the external factors that deteriorate the product. This study evaluated the effect of antimicrobial edible coatings produced from cassava starch, glycerol and chitosan on bulb garlic conservation. The coated product was analyzed for mass loss, color alterations and psychrotrophic, fungi and yeast counting. Coating treatments showed no significant differences ($p < 0.05$) for mass loss and color alterations. Garlic bulbs coated with edible coating containing chitosan showed fungi and yeast counting lower than 10⁵ CFU.g⁻¹, during 15 days of storage at 10 °C. Among hurdle technologies, antimicrobial edible coating is a potential technology to improve food safety for bulb garlic and extend its shelf-life.

Keywords: active packing; antimicrobial coating; chitosan.

1 Introdução

Nos últimos anos, recobrimentos e filmes comestíveis têm recebido interesse na indústria de alimentos devido às vantagens que os diferenciam das embalagens não-comestíveis. A biodegradabilidade inerente ao filme é uma de suas vantagens. Em adição a sua compatibilidade com o meio ambiente, maior segurança alimentar pode ser alcançada pela incorporação de agentes ativos no filme^{16,13}. O caráter comestível, sua biodegradabilidade e o aumento da segurança alimentar são os três principais benefícios dos filmes comestíveis ativamente funcionais. Devido aos seus aspectos ambientais, eles apresentaram-se como alternativas para sistemas de embalagens, sem os custos ambientais dos materiais sintéticos não degradantes. Futuramente, poderão substituir total ou parcialmente algumas embalagens sintéticas¹⁶.

Nos últimos anos, o consumidor tem aumentado a demanda por alimentos seguros e estão, especialmente, preocupados com os efeitos colaterais de vários aditivos artificiais. Porém os

aditivos são muito importantes na manutenção da qualidade dos alimentos, principalmente, por inibirem o crescimento de vários microrganismos deterioradores e patogênicos. Assim, o estudo de novos aditivos naturais e não tóxicos são necessários no intuito de substituir os aditivos artificiais³³.

Alguns polímeros exibem propriedades antimicrobianas como, por exemplo, a quitosana ((1 → 4) 2-amino-2-deoxi-β-D-glicose), forma desacetilada da quitina. Suas incomparáveis propriedades, como não toxicidade²⁴, capacidade de gerar fibras, capacidade de formar filmes biodegradáveis^{17,28}, solubilidade em meio ácido aquoso² e ação antimicrobiana^{17,1}, fazem dela um biopolímero com grande potencial para uso como embalagem ativa. Neste contexto, a atividade antimicrobiana de quitosanas para diferentes grupos de microrganismos^{22,35,25} e a utilização de recobrimentos e filmes comestíveis incorporados com agentes antimicrobianos começam a ser alvo de estudos²⁸.

A ação da quitosana sobre fungos pode estar relacionada à produção de alterações nas funções da membrana, por interação com a superfície eletronegativa deles, levando a mudanças na permeabilidade, distúrbios metabólicos e morte celular⁴. Segundo MUZZARELLI et al.²², a atividade antimicrobiana da quitosana sobre bactérias é devido à natureza policatiônica da molécula de quitosana que permite a interação e formação de complexos polieletrólitos com os polímeros ácidos produzidos na superfície da bactéria (lipopolissacarídeos, ácido teicóico e teicurônico).

Recebido para publicação em 9/9/2005

Aceito para publicação em 24/1/2007 (001609)

¹ Universidade Federal de Viçosa – UFV,

Departamento de Tecnologia de Alimentos, CEP 36570-000, Viçosa - MG, Brasil
E-mail: nfoares@ufv.br

² Universidade Federal de Goiás,

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos,
CEP 740001-970, Goiânia - GO, Brasil

³ Escola Agrotécnica Federal de Rio Pomba – CEFET/RP,

CEP 36180-000, Rio Pomba - MG, Brasil

*A quem a correspondência deve ser enviada

Recobrimentos comestíveis ativamente funcionais, usando aditivos naturais como a quitosana, podem ser importantes na extensão da vida útil de alimentos minimamente processados, funcionando como barreira aos gases, vapor d'água, solutos e, ainda, garantindo sua segurança microbiológica. Nestes alimentos, microrganismos deterioradores e patogênicos desenvolvem-se geralmente na superfície do produto. Assim, a incorporação de agentes antimicrobianos nas embalagens (recobrimentos) apresenta-se como uma solução econômica e prática para esse problema³⁴. Além disso, o potencial dos recobrimentos comestíveis na retenção do aroma e como barreira ao oxigênio faz deles uma promissora fonte de estudos nas áreas de tecnologia de alimentos e embalagens²⁰.

Embora o uso de filmes e recobrimentos comestíveis para preservar a qualidade dos alimentos não seja um conceito moderno, pesquisas neste campo têm se intensificado recentemente, tanto em laboratórios acadêmicos e governamentais, como na indústria privada. Os fatores que contribuem pelo renovado interesse no desenvolvimento de recobrimentos comestíveis incluem demanda do consumidor por alimentos de alta qualidade, preocupações ambientais em relação ao acúmulo de embalagens não biodegradáveis e oportunidades para criar alternativas de mercado para produção de filmes de fontes renováveis^{9,26}.

Membranas de quitosana podem ser formadas pela produção de filmes rígidos com agentes que promovem ligações cruzadas, como íons metálicos divalentes ou com polieletrólitos. Diversos polissacarídeos contêm grupos ionizáveis, destacando-se a utilização do amido, extraído de mandioca, inhame, batata, milho, entre outros. O uso do amido pode ser uma interessante alternativa para filmes e revestimentos comestíveis pelo seu baixo custo, abundância, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação¹⁸, constituindo-se, portanto, em uma alternativa viável na utilização tanto por pequenos produtores quanto por grandes empresas.

Alguns órgãos vegetais, como bulbilhos de alho, estão envoltos por uma embalagem natural (casca). Esta barreira regula o transporte de oxigênio, dióxido de carbono, umidade e, também, reduz a perda de sabor e odor do produto²⁰. O alho minimamente processado perde esta barreira e, portanto, a manutenção da atmosfera adequada ao produto deve ser estabelecida por outros meios, visando sua maior vida de prateleira. Para tal, deve-se considerar não apenas a concentração de O₂ e CO₂, mas também a perda de umidade²⁹. Outro fator que afeta a vida de prateleira do alho minimamente processado é o crescimento de fungos filamentosos e leveduras. Assim, o interesse na manutenção da qualidade e segurança microbiológica do alho minimamente processado, bem como na redução de resíduos de embalagens não biodegradáveis, encoraja a exploração das propriedades de barreira e antimicrobianas de recobrimentos comestíveis à base de amido e quitosana.

2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de Embalagem de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, Brasil.

2.1 Processamento mínimo do alho

O alho (*Allium sativum*), adquirido no mercado local, foi minimamente processado segundo metodologia descrita por GERALDINE¹². Posteriormente, os bulbilhos foram recobertos por uma fina camada do revestimento comestível, por processo de imersão, drenagem e secagem.

2.2 Revestimento

Matéria-prima

A quitosana (extrato de fibras de carapaças de crustáceos), utilizada como composto antimicrobiano, foi adquirida da empresa Padetec (Fortaleza - CE, Brasi) com grau de desacetilação acima de 85%.

Amido de mandioca foi utilizado como matriz base, servindo de suporte para a incorporação do polímero quitosana.

Preparação

Para a elaboração dos revestimentos foram preparadas soluções aquosas contendo 4% de amido, 2% de glicerol e quitosana em concentração de 0,5% (p/p), previamente dissolvida em 0,4% de ácido acético glacial (p/p). As suspensões foram gelatinizadas à temperatura de aproximadamente 70 °C. Também foram feitos revestimentos de amido sem quitosana e de amido adicionado somente de 0,4% de ácido acético glacial (p/p) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição dos revestimentos comestíveis antimicrobianos usados no alho minimamente processado.

Tratamento	Amido	Glicerol	Ácido acético (%)	Quitosana
Controle (Sem revestimento)	-	-	-	-
Revestimento 1	4,0	2,0	-	-
Revestimento 2	4,0	2,0	0,4	-
Revestimento 3	4,0	2,0	0,4	0,5

2.3 Aplicação dos revestimentos em alho minimamente processado

Amostras de alho minimamente processadas foram imersas nos diferentes revestimentos por 3 minutos, drenadas e secas com fluxo de ar à temperatura ambiente por 3 horas. O grupo controle, alho não revestido, foi imerso em água destilada estéril nas mesmas condições. Amostras de alho foram acondicionadas em potes tampados de poliestireno e armazenadas a 10 °C.

2.4 Caracterização visual do revestimento

As características visuais dos revestimentos foram analisadas em microscópio estereoscópio com aumento de 100x, mediante coloração com iodo. A partir de um corte transversal foi medida a espessura dos revestimentos.

2.5 Avaliação do produto final

Análises fisiológicas

Os bulbilhos minimamente processados, recobertos ou não com o revestimento comestível, foram avaliados quanto à perda de massa e alteração na cor, durante a vida útil de prateleira.

A variação de massa do alho minimamente processado foi determinada pesando-se as embalagens em balança semi-analítica (SAUTER RC 4021), a cada dois dias, durante 21 dias de estocagem. O resultado foi expresso em porcentagem de perda de massa em relação à massa inicial.

As alterações na coloração superficial do produto foram acompanhadas utilizando-se colorímetro (Color Reader CR-10 Minolta). Os parâmetros a^* (cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+)) e b^* (cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+)), foram utilizados para cálculo do ângulo Theta (θ) e do vetor Cromo, de acordo com FRANCIS⁶. A medição foi realizada para o alho inteiro e para o alho cortado longitudinalmente, o qual simulava seu corte no prato basal.

Análises microbiológicas

A avaliação da microbiota presente no alho minimamente processado envolto com o revestimento comestível antimicrobiano foi baseada na contagem padrão de aeróbios psicotróficos, em ágar para contagem padrão-PCA (Merck), e de bolores e leveduras, em ágar batata dextrose-BDA (Merck), segundo metodologia descrita por VANDERZANT e SPLITTSTOESSER³². A contagem foi realizada nos tempos 0, 5, 10, 15, 20 para psicotróficos e 0, 5, 10, 15, 20 e 25 para bolores e leveduras. No tempo zero, o alho revestido foi analisado após o tratamento.

2.6 Análises estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação *Statistical Analysis System* (SAS). Foram aplicados os testes de análises de variância (ANOVA) para parcelas subdivididas e análise de regressão em nível de significância de 5%.

3. Resultados e discussão

3.1 Características dos revestimentos

A espessura do revestimento variou entre 15 e 20 μm . A Figura 1 mostra o corte de um alho sem revestimento e a Figura 2, a de um alho com revestimento. Nota-se a uniformidade de sua distribuição no alho.

3.2 Análises microbiológicas

Com os resultados da análise de variância (Tabela 2), concluímos que existe diferença significativa ($p < 0,05$) para o controle do crescimento de psicotróficos entre os diferentes revestimentos em nível de 5% de probabilidade, sendo que o revestimento 3 evidenciou maior efeito antimicrobiano

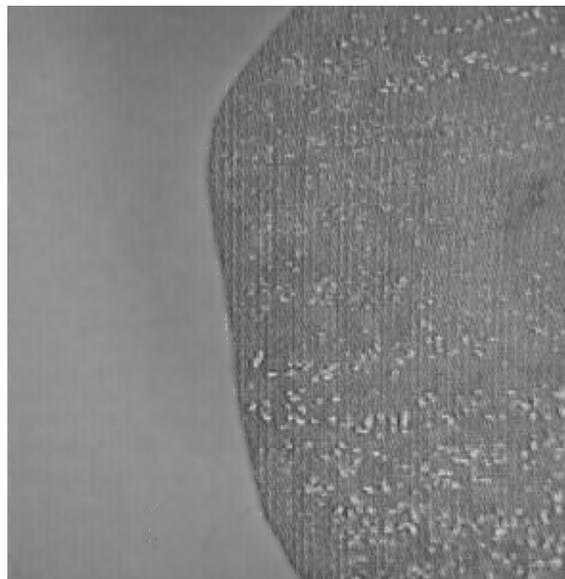


Figura 1. Microfotografia (100x) de um corte transversal de alho sem revestimento.

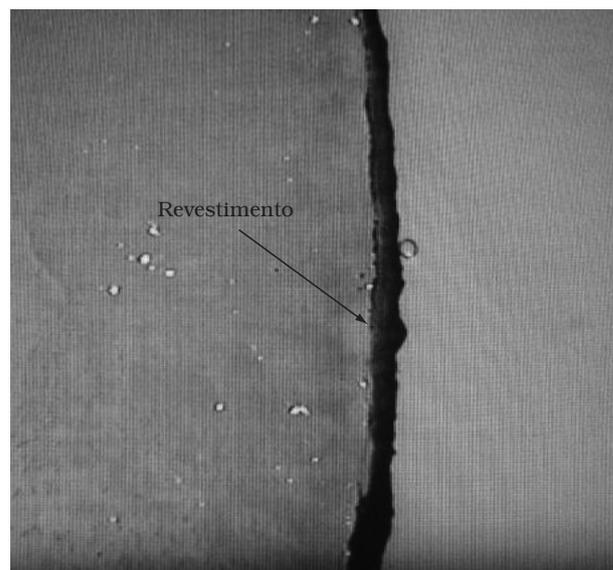


Figura 2. Microfotografia (100x) de um corte transversal de alho com revestimento de amido de mandioca e 0,5% quitosana colorida com iodo.

no desenvolvimento de psicotróficos em alho minimamente processado (Figura 3), apresentando, no final do período de estocagem, uma contagem de 10^7 UFC.g⁻¹; a menor contagem dentre todos os tratamentos, com uma redução de 1,72 ciclos log em relação ao controle. O controle e as amostras revestidas com amido somente (revestimento 1) apresentaram as contagens mais altas de psicotróficos durante o período de armazenamento. O revestimento 2 também obteve um efeito inibidor semelhante ao revestimento 3, chegando ao final do período de estocagem com uma contagem de 10^8 UFC.g⁻¹, obtendo uma redução de 0,98 ciclos log em relação ao controle. Conclui-se, portanto, que a quitosana apresentou um efeito antimicrobiano no alho revestido.

As contagens iniciais (tempo zero) de psicrotróficos (Figura 3) nas amostras de alho foram em torno de 10^3 UFC.g⁻¹; consideradas baixas quando comparadas às reportadas por ROSA²⁸, que encontrou variação de 10^6 a 10^9 UFC.g⁻¹ em cenoura, beterraba e salada mista minimamente processadas, comercializadas em supermercados.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para contagem de microrganismos psicrotróficos em alho minimamente processado envolvido com diferentes tipos de revestimento a base de amido, durante o período de armazenamento a 10 °C.

FV	GL	QM
Tratamentos	3	8,7235*
Rep (tratamento)	8	0,5920
Tempo	4	57,4484*
Tratamento * Tempo	12	0,6900*
Rep (Tratamento * Tempo)	32	0,2490

^{ns}não significativo em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5% de probabilidade; e QM:Quadro médio.

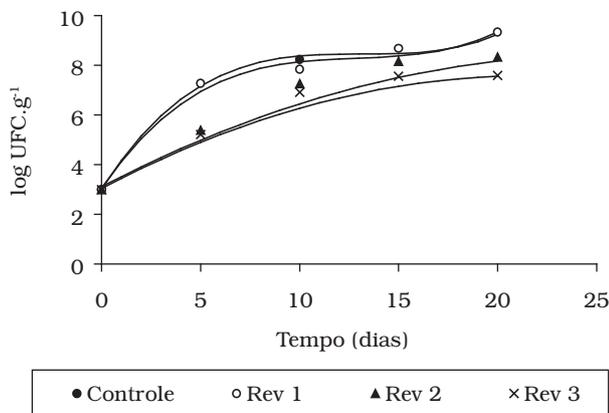


Figura 3. Contagem de microrganismos psicrotróficos em alho minimamente processado envolvido com diferentes tipos de revestimentos à base de amido, durante o período de 20 dias de armazenamento a 10 °C.

Segundo GARG, CHUREY e SPLITTSTOESSER⁹, a vida útil dos vegetais refrigerados é principalmente afetada pela população psicrotrófica, sendo a *Pseudomonas* sp. o principal psicrotrófico presente nestes alimentos.

Estudo feito por COMA et al.³ mostra que revestimentos à base de quitosana apresentam efeito bactericida sobre a *Listeria monocytogenes* e que essa atividade foi, provavelmente, devida às cargas positivas da quitosana que interferem com os resíduos de macromoléculas carregados negativamente na superfície celular da *Listeria*, presumivelmente pela competição com o cálcio pelos sítios eletronegativos da membrana. A quitosana tem sido reportada como inibidora de várias bactérias deterioradoras, pela sua capacidade de ligar moléculas de água e inativar enzimas, além de sua habilidade para absorver nutrientes normalmente usados pelas bactérias²³.

As contagens de bolores e leveduras apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os diferentes revestimentos (Tabela 3). O efeito antimicrobiano foi mais eficiente nas amostras envolvidas com o revestimento 3 (Figura 4),

proporcionando uma redução de 1,98 ciclos log em relação ao controle no final do período de estocagem. O controle e o revestimento 1 apresentaram as maiores contagem de bolores e leveduras ao final do tempo de armazenamento. O revestimento 2 também apresentou um efeito inibidor no crescimento destes microrganismos em relação ao controle, com uma redução de 1,77 ciclos log em relação a este. Observa-se que até 15 dias de estocagem a 10 °C a contagem de bolores e leveduras não ultrapassou 10^5 UFC.g⁻¹ para os revestimentos 2 e 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância da contagem de bolores e leveduras em alho minimamente processado envolvido com diferentes tipos de revestimento à base de amido, durante o período de 21 dias de armazenamento a 10 °C

FV	GL	QM
Tratamentos	3	3,2080*
Rep (tratamento)	4	0,4420
Tempo	4	37,7177*
Tratamento * Tempo	15	0,4203 ^{ns}
Rep (Tratamento * Tempo)	20	0,6096

^{ns}não significativo em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5% de probabilidade; e QM: Quadrado médio

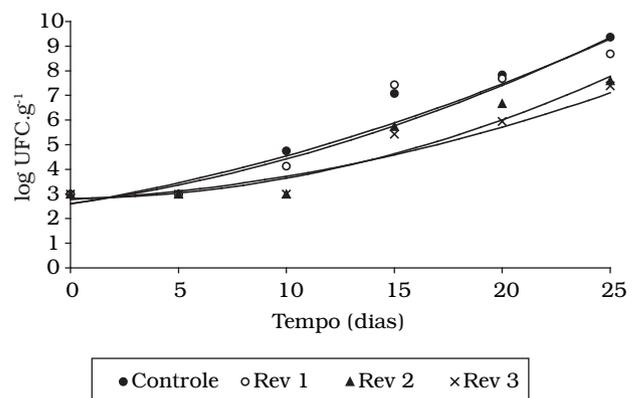


Figura 4. Contagem de bolores e leveduras em alho minimamente processado envolvido com diferentes tipos de revestimento à base de amido, durante o período de 25 dias de armazenamento a 10 °C.

Os resultados de inibição de crescimento, tanto para psicrotróficos quanto para bolores e leveduras, sugerem a necessidade de utilização de revestimentos com concentrações de quitosana acima de 0,5%, já que revestimentos com concentração de 0,5% de quitosana +0,4% de ácido acético apresentaram resultados semelhantes aos revestimentos com concentrações de 0,4% de ácido acético somente.

3.3 Perda de massa

A perda de massa não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as taxas de perda de massa do controle e dos demais revestimentos (Tabela 4). A menor porcentagem de perda de massa foi de 10,89%, apresentada pelas amostras envolvidas pelo revestimento 3, enquanto os outros revestimentos e o controle apresentaram perda de massa de aproximadamente 11,30% (Figura 5), durante os 21 dias de estocagem a 10 °C.

As amostras foram acondicionadas em pote de poliestireno, o qual apresenta boa barreira à permeabilidade a vapor de água, explicando assim a não diferença na perda de massa entre os tratamentos ao longo do período de estocagem.

Tabela 4. Resumo da análise de variância da perda de massa do alho minimamente processado envolvido com diferentes tipos de revestimentos à base de amido, durante o período de armazenamento a 10 °C

FV	GL	QM
Tratamentos	3	1,1337 ^{ns}
Rep (tratamento)	4	2,81022
Regressão	1	1037,7073*
Falta de ajustamento	9	0,3246 ^{ns}
Tempo	10	104,0629*
Tratamento*Tempo	30	0,05382 ^{ns}
Rep (Tratamento*Tempo)	40	0,1850

^{ns}não significativo em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5% de probabilidade; e QM: Quadrado médio.

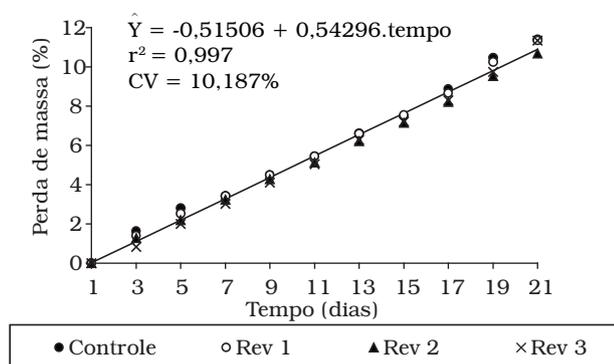


Figura 5. Perda de massa do alho minimamente processado envolvido com diferentes tipos de revestimentos à base de amido, durante o período de armazenamento a 10 °C.

VICENTINI, CASTRO e CEREDA³³, não observaram diferenças na perda de massa em pimentões não revestidos e revestidos com 1, 3 e 5% de fécula de mandioca, após 12 dias de estocagem à temperatura de 26 a 29 °C e umidade relativa de 59,5 a 71,5%. JACOMETTI, MENEGHEL e YAMASHITA¹⁵ não observaram diferenças no peso em pêssegos revestidos com gelana e gelana + sorbitol e não revestidos, ao final do tempo de estocagem. Estes dados discordam dos reportados por GARCÍA, MARTINO e ZARITZKYN⁷, que observaram uma menor perda de massa em relação às amostras não revestidas, sendo ainda menor, nos revestimentos com maior conteúdo de amilose em

morangos revestidos com amido com diferentes conteúdos de amilose, estocados a 0 °C e 84,8% de umidade relativa. Outros componentes como lipídeos e proteínas podem ser adicionados ao revestimento para aumentar a barreira ao vapor de água. A matriz do revestimento torna-se mais compacta com o aumento do conteúdo de amilose, diminuindo a permeabilidade do revestimento ao vapor de água⁷. A perda de massa no alho revestido pode ser atribuída à natureza hidrofílica dos componentes dos revestimentos utilizados, que lhe conferem baixas propriedades de barreira ao vapor de água^{12,15,10}. A umidade relativa do ambiente é muito importante devido ao efeito sobre a diferença de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera.

3.4 Alterações na cor

As amostras de alho minimamente processado envolvidas com os diferentes revestimentos utilizados neste experimento não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para a variação da tonalidade de cor e da saturação de cor durante o tempo de estocagem a 10 °C em relação ao controle e entre si (Tabela 5). O alho cortado na região do prato basal também não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos e o controle. Pode-se observar que o revestimento 3 promoveu um pequeno retardamento na alteração da tonalidade da cor em relação aos outros tratamentos (Figura 6 e 7).

A exposição dos bulbilhos ao ambiente provoca o escurecimento rápido do produto, estando provavelmente, relacionado com a atividade da enzima polifenol oxidase. Essa enzima oxida compostos fenólicos na presença de O₂, produzindo uma coloração escura nos tecidos^{19,30}.

A não influência dos revestimentos na mudança de cor em relação ao controle indica que estes agem controlando a microbiota do alho minimamente processado sem alterar, contudo, as características inerentes ao produto, no caso a cor.

4 Conclusões

O uso de um revestimento antimicrobiano constituído de amido de mandioca adicionado de quitosana é uma alternativa viável no controle da microbiota presente no alho minimamente processado, visto que o crescimento de psicrotrofos, bolores e leveduras apresentou uma redução considerável durante os 20 dias de estocagem. Os resultados sugerem um aumento na concentração de quitosana, acima dos 0,5% utilizados neste trabalho, já que o efeito antimicrobiano apresentado pelo revestimento 3 foi semelhante ao apresentado pelo revestimento 2

Tabela 5. Resumo da análise de variância dos valores da tonalidade e da saturação da cor para alho minimamente processado, cortado e inteiro, envolvido com diferentes tipos de revestimento à base de amido, durante o período de armazenamento a 10 °C

FV	GL	QM			
		Alho inteiro		Alho cortado	
		Saturação	Tonalidade	Saturação	Tonalidade
Tratamentos	3	3,8012 ^{ns}	2,4062 ^{ns}	5,5216 ^{ns}	9,5106 ^{ns}
Rep (tratamento)	4	2,1054	3,1083	2,4829	2,2203
Tempo	3	42,8573*	4,9545*	8,6780 ^{ns}	21,6062*
Tratamento * Tempo	9	4,6767 ^{ns}	1,4098 ^{ns}	3,5158 ^{ns}	3,0717 ^{ns}
Rep (Tratamento * Tempo)	12	4,8220	1,1289	6,1578	1,8687

^{ns}não significativo em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5% de probabilidade; e QM: Quadrado médio.

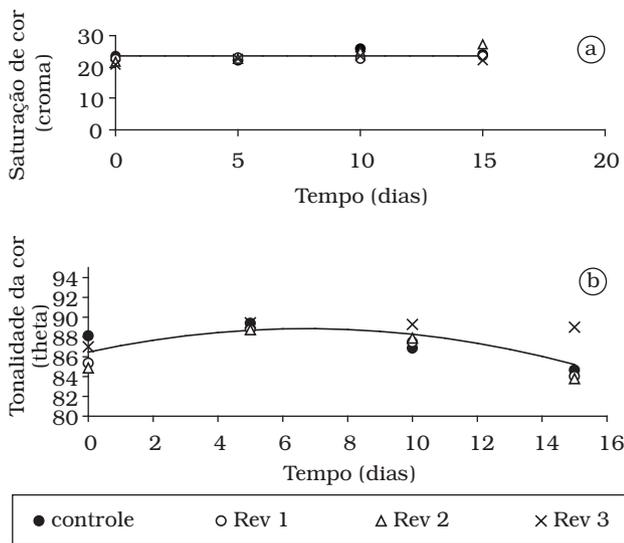


Figura 6. Variação da saturação (a) e tonalidade (b) de cor para alho minimamente processado cortado envolvido com diferentes tipos de revestimento à base de amido, durante 15 dias de armazenamento a 10 °C.

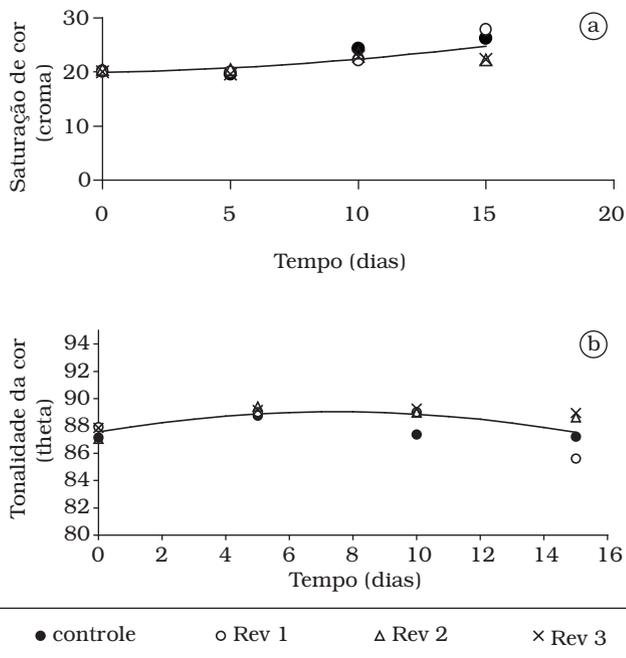


Figura 7. Variação da saturação (a) e tonalidade (b) de cor para alho minimamente processado inteiro envolvido com diferentes tipos de revestimentos à base de amido, durante 15 dias de armazenamento a 10 °C.

que, além da base polimérica, continha somente ácido acético na sua composição. Embora os revestimentos tenham apresentado diferença não significativa para o controle da perda de massa durante a estocagem, observou-se uma menor perda utilizando o revestimento 3. O uso dos revestimentos não provocou alterações significativas na cor do alho minimamente

processado em relação ao controle, sugerindo que não implicarão em má aceitação pelos consumidores.

Dentro do conceito da tecnologia de barreiras de proteção, o uso desse revestimento pode contribuir para aumentar a segurança do alho minimamente processado e prolongar sua vida útil. Esse revestimento pode ser usado em frutas e vegetais minimamente processados, associados a outros controles, tais como matéria-prima de qualidade, condições higiênicas de processamento e temperatura de armazenamento. A combinação desses tratamentos como barreira oferece maior potencial para estender a vida útil de vegetais minimamente processados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e FINEP pelo apoio financeiro recebido para esse projeto.

Referências bibliográficas

- BRODY, A. L. Action in active and intelligent packaging. **Food technology**, v. 56, n. 2, p. 70-71, 2002.
- BRUGNEROTTO, J.; LIZARDI, J.; GOYCOOLEA, F. M.; ARGUELLES-MONAL, W.; DESBRIEARES, J.; RINAUDO, M. An infrared investigation in relation with chitin and chitosan characterization. **Polymer**, v. 42, n. 8, 3569-3580, 2001.
- COMA, V.; MARTIAL-GIRO, A.; GARREAU, S.; COPINET, A.; SALIN, F.; DESCHAMPS, A. Edible Antimicrobial Films Based on Chitosan Matrix. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 3, p.1162-1168, 2002.
- DURANGO, A. M. **Desenvolvimento de revestimento comestível antimicrobiano a base de amido de inhame com quitosana na conservação de cenoura minimamente processada**. 2004. 128 f. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- FANG, S. W.; LI, C. F.; SHIH, D. Y. C. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat. **Journal of Food Protection**, v. 56, n. 2, p. 136-140, fev. 1994.
- FRANCIS, F. J. Color analysis. In: NIELSEN, S. S. **Food analysis**. 2. Ed. Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998. p. 599-612.
- GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY N. E. Plasticized Starch-Based Coatings to Improve Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality and stability. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 46, n. 9, p. 3758-3767, 1998.
- GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY N. E. Starch-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, n. 3, p. 411-420, 1998.
- GARG, N.; CHUREY, J. J.; SPLITSTOESSER, D. F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. **Journal of Food Protection**, v. 53, n. 8, p. 701-703, 1990.
- GENNADIOS, A.; HANNA, M. A.; KURTH, L. B. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A Review. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 30, n. 4, p. 337-350, jun. 1997.
- GENNADIOS, A.; MCHUGH, T.H.; WELLER, C.; KROCHTA, J. M. Edible coatings and films based on proteins. IN: Krochta, J. M.; Baldwin, E. A.; Nisperos-Carriedo, M. **Edible Coatings and Films to Improve Food Quality**. Pennsylvania, USA: Technomic, 1994, 379 p.

12. GERALDINE, R. M. **Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.)**. 2000. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
13. GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS G. M. Prolongation of the Self-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 29, n. 1-2, p.10-17, 1996.
14. HAN, J. H. Antimicrobial Food Packaging. **Food Technology**, v. 54, n. 3, p. 56-65, 2000.
15. JACOMETTI, G. A.; MENEGHEL, R. F. A.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêssego (*Prunus persica*). **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 95-100, jan./abr. 2003.
16. KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible Films and Coatings: A Review. **Food Technology**, v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.
17. KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, v. 51, n. 2, p. 61-73, 1997.
18. KURITA, K. Chemistry and application of chitin and chitosan. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59, n. 1-3, p. 117-120, 1997.
19. MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. N. E ZARITZKY N. E. Microstructural characterization of yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 50, n. 4, p. 379-386, 2002.
20. MAYER, A. M.; HAREL. E. Polyphenol oxidases in plants. **Phytochemistry**, v. 18, n. 2, p. 193-215, 1979.
21. MILLER, K. S.; KROCHTA, J. M. Oxygen and barrier properties of edible films: A review. **Trends in Food Science e Technology**, v. 8, n. 7, p. 228-237, 1997.
22. MUZZARELLI, R.; TARSI, R.; FILLIPPINI, O.; GIOVANETTI, E.; BIAGINI, G.; VARALDO, P. R. Antimicrobial properties of N-carboxybutyl chitosan. **Antimicrobial Agents Chemotherapy**, v. 34, n. 10, p. 2019-2023, 1990.
23. NO, H. K.; PARK, N. Y.; LEE, S. H.; MEYERS, S. P. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. **International Journal of Food Microbiology**, v. 74, n. 1-2, p. 65-72, 2002.
24. OUATTARA, B.; SIMARD, R.; PIETTE, G.; BÉGIN, A.; HOLLEY R. A. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. **International Journal of Food Microbiology**, v. 62, n. 1-2, p. 139-148, 2000.
25. RATAJSKA, M.; BORYNIEC, S. Physical and chemical aspects of biodegradation of natural polymers. **Reactive e Functional Polymers**, v. 38, n. 1, p. 35-49, 1998.
26. ROLLER, S.; COVILL, N. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. **International Journal of Food Microbiology**, v. 47, n. 1-2, p. 67-77, 1999.
27. ROSA, D. S.; FRANCO, B. L. M.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. **Polímeros**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 82-88, abr./jun. 2001.
28. ROSA, O. O. **Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados comercializados em supermercados**. 2002. 120 f. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
29. SEBTI, I.; COMA, V. Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. **Carbohydrate polymers**, v. 49, n. 2, p. 139-144, 2002.
30. SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PUSCHMANN, R.; TELES, C. S. PVC and LDPE for Packing Minimally Processed Garlic. **Packaging technology and Science**, v. 15, n. 3, p. 109-114, out. 2002.
31. VÁMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 15, n. 49, p. 49-127, 1981.
32. VANDERZANT, C.; SPLITSTOESSER, D. F. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 3. Ed. Washington: American Public Health Association, 1992. 1219 p.
33. VICENTINI, N. M.; CASTRO, T. M. R.; CEREDA, M. P. Influência de película de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 19, n.1, p. 127-130, jan./abr. 1999.
34. WANG, G. Inhibition and inactivation of five species of foodborne pathogens by chitosan. **Journal of Food Protection**, v. 55, n. 11, p. 916-919, 1992.
35. WENG, Y. M.; CHEN, M. J.; CHEN, W. Antimicrobial food packaging materials from poly(ethylene-co-methacrylic acid). **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie** v. 32, n. 4, p. 191-195, 1999.
36. XIE, W.; XU, P.; WANG, W.; LIU, Q. Preparation and antibacterial activity of water-soluble chitosan derivative. **Carbohydrate polymers**, v. 50, n. 1, p. 35-40, 2002.